



Comparison of Some Chemical, Biological and Enzymatic Characteristics of Soil Inside and Outside Exclosure of Shoghaldareh in Namin County

Sanaz Yousefvand¹, Ardvan Ghorbani^{2*}, Mina Hosseinnejad Jadidi³, Mehdi Moameri⁴, AkbarQavideh⁵, Farid Dadjo⁶ and Narjes Rostami⁷

- 1- Ph.D. Student in Rangeland Sciences and Engineering, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2*-Corresponding author, Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: a_ghorbani@uma.ac.ir
3-MSc. in Rangeland Science and Engineering, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran
4- Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
5- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran
6- MSc. in Rangeland Science and Engineering, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
7- PhD, Student in Soil Resource Management, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Received: 12/01/2024

Revised:05/16/2025

Accepted: 05/18/2025

Published:10/12/2025

Abstract

Background and objectives

The pressure of livestock grazing on rangelands and the increasing degradation of these ecosystems can have destructive effects on soil characteristics. Methods for improving degraded soils include increasing rangeland fertility, enhancing soil stability, and reducing trampling by restricting livestock grazing. Exclosure is widely used as a natural regeneration strategy to improve vegetation conditions, soil fertility, and conservation outcomes in rangeland restoration and improvement programs. The present study aimed to investigate the effects of exclosure on soil parameters, including electrical conductivity, absorbable potassium, absorbable phosphorus, organic carbon, total nitrogen, and soil reaction. Biological parameters, including basal microbial respiration, stimulated microbial respiration, microbial carbon, metabolic quotient, and soil microbial and enzymatic activities (alkaline phosphatase, dehydrogenase, and urease) were measured both inside and outside the Shoghaldareh exclosure in Namin County.

Methodology

To conduct this study, the Shoghaldareh exclosure located in Namin County (Ardabil Province) was selected. A total of 18 soil samples were collected from six sites (3 inside and 3 outside the exclosure) at a depth of 5–20 cm. Samples were randomly taken along three 100-m transects (from the beginning, middle, and end of each transect, which were subsequently mixed to form one composite sample). Each transect was established 50 m apart. Collected samples were transferred to the laboratory in refrigerated containers and stored at –80°C until analyses were performed. The investigated parameters included soil texture (sand, clay, and silt), electrical conductivity, absorbable potassium, absorbable phosphorus, organic carbon, total nitrogen, soil reaction, basal microbial respiration, stimulated microbial respiration, microbial carbon, metabolic quotient, soil microbial quotient, and the activities of alkaline phosphatase, dehydrogenase, and urease. Data analysis was carried out separately for the two areas (inside and outside the exclosure) using



an independent two-sample t-test. Data normality was assessed using the Shapiro–Wilk test, and correlations among soil characteristics were evaluated using Pearson's coefficient in SPSS Ver. 22.

Results

The results indicated that the studied area had a sandy loam texture. A significant difference at the 5% probability level was observed between the inside and outside of the exclosure, such that the clay and silt contents inside the exclosure were 9.88% and 32.77%, respectively, while sand content was 63.88% higher outside the exclosure. Electrical conductivity, organic carbon, potassium (saturated extract), acidity, absorbable phosphorus, and total nitrogen showed the highest values outside the exclosure. All biological parameters, except metabolic quotient, exhibited significant differences between the interior and exterior of the exclosure. The highest levels of basal microbial respiration, stimulated microbial respiration, and microbial quotient—corresponding to 0.32 and 1.96 mg CO₂ g⁻¹ day⁻¹ and 1.2 mg Cmic g⁻¹ C org—were recorded inside the exclosure; whereas microbial biomass carbon (513.80 mg Cmic g⁻¹) belonged to the area outside the exclosure. Inside the exclosure, silt and sand percentages showed a positive correlation, whereas clay percentage had a negative correlation with the metabolic quotient. Available phosphorus exhibited a positive correlation with nitrogen, organic carbon, and the microbial quotient. Nitrogen was positively correlated with organic carbon, the metabolic quotient, and the microbial quotient. Basal and induced respiration were positively correlated, and organic carbon showed a positive correlation with both the metabolic and microbial quotients. In contrast, pH had a negative correlation with the microbial quotient and microbial biomass carbon. Outside the exclosure, clay percentage showed a positive correlation with available phosphorus, whereas silt and sand showed negative correlations. Nitrogen exhibited a positive correlation with organic carbon. Basal respiration had a positive correlation with induced respiration and microbial biomass carbon, and induced respiration was positively correlated with microbial biomass carbon. The metabolic quotient had a positive correlation with the microbial quotient, while microbial biomass carbon showed a negative correlation with the metabolic quotient. Regarding enzymatic activities, the highest values of dehydrogenase, alkaline phosphatase, and urease—2.85 µg TPF g⁻¹ dm 16 h⁻¹, 585.71 µg pNP g⁻¹ dm h⁻¹, and 238.79 µg N g⁻¹ dm, respectively—were recorded inside the exclosure.

Conclusion

Excessive grazing in Iran's rangelands reduces the input of plant residues into the soil and alters chemical, biological, and soil enzymatic properties. This reduction in organic matter and disruption of microbial activity decreases soil fertility. The findings of this research demonstrate that implementing grazing exclosure improves soil biological activities, including increased enzymatic activity and microbial respiration, within the excluded area. Furthermore, positive changes in soil texture, particularly increases in clay and silt contents, were observed. Although a slight decrease in certain soil nutrients and microbial populations occurred within the exclosure, these changes were likely influenced by wildlife grazing patterns and ultimately contributed to establishing a sustainable, balanced ecosystem with optimized long-term functioning. Therefore, the results underscore the important role of grazing exclosure management in enhancing the health and sustainability of natural ecosystems.

Keywords: Alkaline phosphatase enzyme, Ardabil province, biological parameters of soil, exclosure, microbial carbon mass.

مقایسه برخی مشخصه‌های شیمیایی، زیستی و آنزیمی خاک در داخل و خارج قرق منطقه شغال دره شهرستان نمین

ساناز یوسف‌وند^۱، اردوان قربانی^{۲*}، مینا حسین‌نژاد جدیدی^۳، مهدی معمری^۴، اکبر قویدل^۵، فرید دادجو^۶ و نرجس رستمی^۷

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پست الکترونیک: a_ghorbani@uma.ac.ir

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۵- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۶- دکترای علوم مهندسی مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۷- دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۷/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱

چکیده

سابقه و هدف

فشار چرای دام بر مراتع و تخریب روزافزون این اراضی می‌تواند اثرهای مخربی بر مشخصه‌های خاک ایجاد کند. ازجمله روش‌های اصلاحی خاک‌های تخریب شده، افزایش حاصلخیزی مراتع و تلاش برای بهبود پایداری خاک و کاهش لگدکوبی با محدودیت چرای دام می‌باشد. از قرق به عنوان یکی از روش‌های تجدید حیات طبیعی برای بهبود وضعیت پوشش گیاهی و خاک در برنامه اصلاحی و احیایی مراتع استفاده می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر قرق بر ویژگی‌های شیمیایی (هدایت الکتریکی، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل و واکنش خاک)، زیستی (تنفس میکروبی پایه، تنفس میکروبی برانگیخته، کربن زی‌توده میکروبی، بهره متابولیک و سهم میکروبی خاک) و آنزیمی خاک (آلکالین فسفاتاز، دهیدروژناز و آنزیم اوره‌آز) در داخل و خارج قرق شغال‌دره شهرستان نمین انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، قرق شغال‌دره در شهرستان نمین در استان اردبیل انتخاب شد. هجده نمونه خاک از شش سایت (سه سایت در داخل و سه سایت در خارج قرق) از عمق ۵ تا ۲۰ سانتی‌متری به صورت تصادفی - سیستماتیک از سه ترانسکت صد متری (در هر ترانسکت نمونه خاک از ابتدا، وسط و انتهای ترانسکت برداشت و بعد باهم مخلوط و به عنوان یک نمونه در هر ترانسکت در نظر گرفته شد). هر ترانسکت با فاصله ۵۰ متر از هم انتخاب شد. نمونه‌ها را بلافاصله در مخزن یونولیت یخدار گذاشته و به آزمایشگاه منتقل و در یخچال منهای ۸۰ درجه تا مرحله انجام آزمایش نگهداری گردید. ویژگی‌های بافت خاک، میزان شن، رس و سیلت، هدایت الکتریکی، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل، واکنش خاک، تنفس میکروبی پایه، تنفس میکروبی برانگیخته، کربن زی‌توده میکروبی، بهره متابولیک، بهره میکروبی خاک، آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز، دهیدروژناز و اوره‌آز اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در دو منطقه داخل و خارج قرق با استفاده از آزمون t دو نمونه‌ای مستقل انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و همبستگی بین مشخصه‌های خاک با ضریب پیرسون در نرم‌افزار SPSS Ver22 بررسی شد.

نتایج

نتایج نشان داد بافت خاک لومی شنی است، اما بین سایت‌های داخل و خارج قرق اختلاف معنی‌دار $P \leq 5\%$ وجود دارد، به گونه‌ای که میزان رس و سیلت در داخل قرق (به ترتیب ۹/۸۸ و ۳۲/۷۷ درصد) و میزان شن در خارج قرق ۶۳/۸۸ درصد بیشتر بود. پارامترهای هدایت الکتریکی، کربن آلی، پتاسیم (عصاره اشباع)، اسیدیته، فسفر قابل جذب و نیتروژن کل در خارج قرق دارای بیشترین مقدار بودند. تمام پارامترهای زیستی بجز بهره متابولیک، تفاوت معنی‌داری بین داخل و خارج قرق داشتند، به نحوی که بیشترین میزان تنفس میکروبی پایه، تنفس میکروبی برانگیخته و بهره میکروبی به ترتیب با مقادیر ۰/۳۲، ۱/۹۶ ($\text{mg Co}_2\text{g}^{-1}\text{day}^{-1}$) و ۱/۱۲ ($\text{mg Cmic.g}^{-1}\text{C org}$) مربوط به داخل قرق و کربن زی‌توده میکروبی ۵۱۳/۸۰ (mg C mic.g^{-1}) متعلق به خارج قرق بود. در داخل قرق، همبستگی مثبت بین درصد سیلت و شن و همبستگی منفی بین درصد رس و بهره

متابولیک وجود داشت. فسفر قابل جذب با نیتروژن، کربن آلی و بهره میکروبی همبستگی مثبت نشان داد. نیتروژن نیز با کربن آلی، بهره متابولیک و بهره میکروبی همبستگی مثبت داشت. تنفس پایه و برانگیخته نیز همبستگی مثبت داشتند و کربن آلی با بهره متابولیک و میکروبی همبستگی مثبت نشان داد. در مقابل، pH با بهره میکروبی و کربن زی توده میکروبی همبستگی منفی داشت. در خارج قرق نیز، درصد رس با فسفر قابل جذب همبستگی مثبت و درصد سیلت و شن همبستگی منفی داشتند. نیتروژن با کربن آلی همبستگی مثبت نشان داد. تنفس پایه با تنفس برانگیخته و کربن زی توده میکروبی همبستگی مثبت داشت و تنفس برانگیخته نیز با کربن زی توده میکروبی همبستگی مثبت داشت. بهره متابولیک با بهره میکروبی همبستگی مثبت و کربن زی توده میکروبی با بهره متابولیک همبستگی منفی نشان داد. در ارتباط با آنزیم‌های دهیدروناز، آلکالین فسفاتاز و اوره آز حداکثر میزان آنها به ترتیب $2/85$ ($\mu\text{g TPF. g}^{-1} \text{ dm. } 16\text{h}^{-1}$)، $585/71$ ($\mu\text{g pNP. g}^{-1} \text{ dm. } 1\text{h}$) و $238/79$ ($\mu\text{g N. g}^{-1} \text{ dm. } 2\text{h}$) در داخل قرق مشاهده شد.

نتیجه گیری

چرای بیش از حد دام در اراضی مرتعی ایران، با کاهش ورود میزان بقایای گیاهی به خاک، سبب تغییر در ویژگی‌های شیمیایی، زیستی و آنزیمی خاک می‌شود. این کاهش مواد آلی و اختلال در فعالیت میکروارگانیسم‌ها، حاصلخیزی خاک را کاهش می‌دهد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که اعمال قرق منجر به بهبود فعالیت‌های زیستی خاک، از جمله افزایش فعالیت آنزیم‌ها و تنفس میکروبی، در منطقه قرق شده است. علاوه بر این، تغییرات مثبت در بافت خاک، به ویژه افزایش درصد رس و سیلت، مشاهده گردید. اگرچه کاهش جزئی در سطوح برخی مواد مغذی و جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک در داخل قرق وجود داشت، این تغییرات احتمالاً تحت تأثیر الگوی چرای حیات وحش رخ داده و در نهایت به ایجاد یک اکوسیستم پایدار و متعادل با کارکرد بهینه در بلندمدت کمک می‌کند. از این رو، این نتایج بر نقش مؤثر مدیریت قرق در ارتقاء سلامت و پایداری اکوسیستم‌های طبیعی تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم آلکالین فسفاتاز، استان اردبیل، پارامترهای زیستی خاک، قرق، کربن زی توده میکروبی

مقدمه

خاک، گیاه، دام و حیات وحش از اجزای اصلی تشکیل دهنده یک اکوسیستم مرتعی بوده و ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند، به طوری که تغییر در هریک بر اجزای دیگر نیز تأثیرگذار است ([Ghobadi and Akhzari, 2021](#)). چرای دام و وحش می‌تواند موجب تغییر خصوصیات کمی گیاهان مانند تراکم، تاج پوشش، تولید، غنای گونه‌ای، تنوع گونه‌ای، یکنواختی و به تبع آن تغییر در ذخایر مواد آلی ورودی به خاک، عناصر ماکرو و میکرو و میزان مواد مغذی خاک و پارامترهای بیولوژیکی خاک شود. تخریب پوشش گیاهی مراتع و عدم مدیریت صحیح آنها موجب مشکلات محیط زیستی و افزایش مخاطرات طبیعی در کشور می‌شود ([Ataian et al., 2023](#)). با توجه به اینکه در مناطق خشک و نیمه خشک احیاء مراتع به روش بذرکاری و یا بونه کاری هزینه‌بر، دشوار و بعضاً غیرممکن است، یکی از راه‌های کم هزینه و مطمئن برای احیاء مراتع، اعمال قرق برای تقویت و تجدید حیات طبیعی مرتع است. اثرگذاری و موفقیت قرق مرتع در بهبود ویژگی‌های خاک تا

حدودی بستگی به مدت قرق، اقلیم حاکم بر منطقه، نوع خاک و پوشش گیاهی و نوع دام دارد ([Saeediyan and Moradi, 2021](#)). بنابراین، تعیین چهارچوب اصولی و منطقی چرای دام و در مواردی قرق مراتع موضوعی ضروری برای تأمین توسعه پایدار، استفاده مستمر از این منابع و بهبود وضعیت پوشش گیاهی و خاک منطقه به شمار می‌رود ([Saeediyan and Moradi, 2022; Jalilian et al., 2021](#)). قرق، یکی از روش‌های مدیریتی و مناسب‌ترین و معقول‌ترین روش برای مدیریت چرای مرتع برای دستیابی به پایداری اکوسیستم‌های طبیعی در سراسر جهان است و به معنی جلوگیری از ورود دام به تمام یا قسمتی از عرصه مرتع برای یک یا چند سال متوالی توسط حصارکشی با هدف‌های مختلفی از جمله اصلاح خاک و پوشش گیاهی مراتع تخریب شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین به عنوان فرصتی برای تکمیل دوره رویشی گیاهان و یا برای بهبود وضعیت گرایش مرتع و یا احداث سایت‌های تحقیقاتی و مطالعه روند و توالی و جایگزینی گونه‌های مد نظر قرار می‌گیرد ([Fakhimi et al., 2023; Kianysadr et al., 2020](#)).

به بررسی تأثیر چرای دام بر تنوع و عملکرد زی‌توده جوامع میکروبی و باکتریایی در دو عرصه قرق و خارج قرق در دو عمق خاک در فلات مغولستان پرداختند و دریافتند که چرا بر جوامع میکروبی و عملکردهای خاک تأثیر گذاشته و می‌تواند به خاک‌های عمیق‌تر نفوذ کند، همچنین چرا باعث کاهش تنفس در سطح خاک شده است. [Li](#) و همکاران (۲۰۲۲)، در بررسی نتایج حذف چرا بر خاک به این نتیجه دست یافتند که حذف چرا باعث افزایش زی‌توده و نیتروژن خاک می‌گردد و این تأثیر در استپ‌های بیابانی بیشتر است. [Rong](#) و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی جوامع میکروبی خاک تحت چرا در منطقه‌ای از شمال چین پرداختند و دریافتند که زی‌توده میکروبی تحت تأثیر چرا قرار گرفته و میزان آن کاهش یافته است. از این رو، با توجه به اینکه در بیشتر موارد قرق مرتع سبب بهبود پوشش گیاهی و به تبع آن بهبود جوامع میکروبی خاک می‌شود، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر قرق بر مشخصه‌های شیمیایی، زیستی و آنزیمی خاک در دو عرصه داخل و خارج قرق در منطقه قرق شغال‌دره استان اردبیل انجام شد تا اطلاعات مفیدی برای مدیریت پایدار مراتع ارائه دهد.

مواد و روش

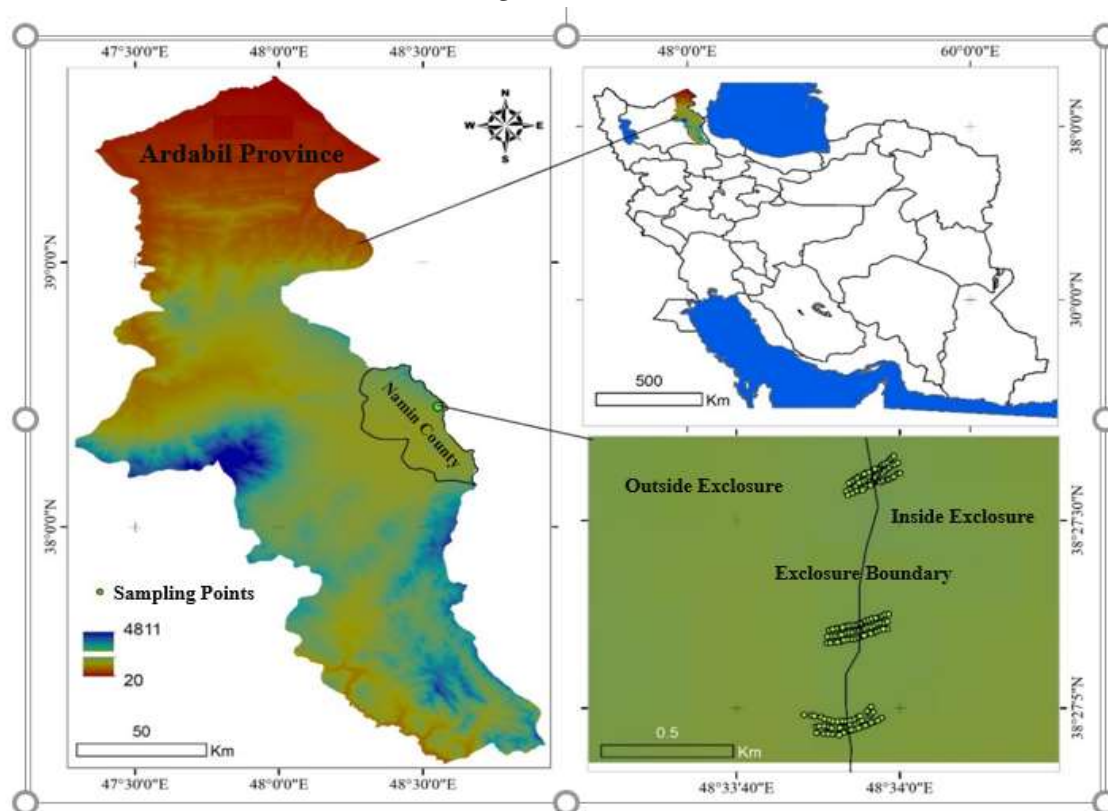
مناطق مورد مطالعه

قرق ۳۰ ساله شغال‌دره، در شهرستان نمین، استان اردبیل و در مختصات جغرافیایی $48^{\circ}33'03''$ تا $48^{\circ}48'33''$ طول شرقی و $38^{\circ}26'52''$ تا $38^{\circ}28'59''$ عرض شمالی در زون ۳۹ شمالی سیستم UTM قرار دارد (شکل ۱). مساحت کل عرصه ۱۸۵ هکتار که حداقل ارتفاع منطقه ۱۵۹۶ متر و حداکثر ارتفاع آن ۱۷۰۴ متر است. این منطقه در حدود ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهر نمین و در ۳۵ کیلومتر جاده اردبیل به آستارا واقع شده است. از نظر موقعیت استانی نیز در ضلع شرقی استان اردبیل و در حد فاصل بین استان‌های اردبیل و گیلان قرار گرفته است. منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک، مرطوب و سرد با دمای متوسط سالانه ۹/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۳۳۰ میلی‌لیتر و بافت غالب خاک منطقه لومی شنی است

[\(Viglizzo and Vazquez-Amabile, 2019\)](#). براساس تحقیقات، فرایند احیای مراتع بر شاخص‌های گیاهی و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، پایداری، حاصلخیزی و بهبود برخی خواص زیستی خاک ازجمله فعالیت‌های آنزیمی و تهویه عمقی خاک اثر مثبت دارد [\(Shifang et al., 2008; Heshmati and Ghaitouri, 2020\)](#) مطالعه و شناخت کیفیت خاک راهی برای دستیابی به مدیریت پایدار به منظور جلوگیری از تخریب خاک و حفظ محیط‌زیست می‌باشد [\(Brejda et al., 2000\)](#). برای مطالعه کیفیت خاک باید پارامتری مدنظر باشد تا به تنش‌های محیطی و آشفته‌گی‌ها حساس بوده و به سرعت پاسخ دهد [\(Dalal et al., 1998\)](#). به‌طورکلی ویژگی‌های زیستی و فعالیت آنزیم‌های خاک از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی حساس‌تر بوده و به هرگونه تغییر و تخریب اراضی واکنش سریع نشان می‌دهد، بنابراین، از این شاخص‌ها برای بررسی سلامت و کیفیت خاک استفاده می‌شود و با کمک این شاخص می‌توان به چگونگی وضعیت مرتع پی برد [\(Moghimian et al., 2017; Zandi et al., 2021; Cardoso et al., 2013\)](#). خصوصیات زیستی و فعالیت‌های میکروبی خاک از عوامل مؤثر در حاصلخیزی خاک مرتع به‌شمار می‌روند، همچنین در چرخه انرژی و عناصر غذایی نقش مهمی دارند [\(Mirsidhossini et al., 2016\)](#). ریزجانداران خاک نیز با تجزیه مواد آلی، عناصر غذایی را به شکل‌های قابل دسترس تبدیل می‌کنند [\(Carrera et al., 2007\)](#). هرگونه تغییر و اثر مخرب در جامعه میکروبی و ریزجانداران خاک بر عملکرد و پایداری اکوسیستم مؤثر است [\(Nair and Ngouajio, 2012; Fukuzawa et al., 2013\)](#). مطالعات فراوانی به بررسی اثر قرق بر مشخصه‌های خاک پرداخته‌اند، به عنوان مثال، تحقیق [Ghorbani](#) و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که با افزایش شدت چرا، میانگین قطر وزنی خاکدانه‌ها، درصد رطوبت، تخلخل، وزن مخصوص ظاهری، درصد ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، اسیدیت و هدایت الکتریکی تحت تأثیر قرار گرفته و با تداوم چرای شدید، توزیع مناسب اندازه ذرات در خاک کاهش یافت. [Xu](#) و همکاران (۲۰۱۷)

Vicia variabilis , *Medicago sativa* L., *Vicia cracca* L., *Geum urbanum* L., *Trifolium pratense* L., Freyn Sint. *Potentilla reptans* L. و *Astragalus macrocephalus* Bunge. می‌باشد.

(Varasteh et al., 2018). همچنین با توجه به مشاهدات میدانی و اندازه‌گیری‌های انجام شده، پوشش گیاهی منطقه به صورت علفزار است و گونه‌های گیاهی غالب این منطقه شامل گونه‌های: *Trifolium arvens* , *Fragaria vesca* L., *Vicia persica* Boiss.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران، استان اردبیل و شهرستان نمین و محل نمونه‌برداری در سطح ترانسکت‌ها

Figure 1- Location of the study area in Iran, Ardabil province, Namin county, and sampling location at the transect level

خارج قرق) از عمق ۵ تا ۲۰ سانتی‌متری به صورت تصادفی - سیستماتیک از سه ترانسکت صد متری (در هر ترانسکت نمونه خاک از نقطه صفر، ۵۰ و ۱۰۰ متر ترانسکت برداشت و بعد باهم مخلوط و به عنوان یک نمونه در هر ترانسکت در نظر گرفته شد). هر ترانسکت با فاصله ۵۰ متر از هم (با توجه به خصوصیات پوشش) انتخاب شد. نمونه‌ها را بلافاصله در مخزن یونولیت یخدار گذاشته و به آزمایشگاه منتقل و در یخچال منهای ۸۰ درجه تا مرحله انجام آزمایش نگهداری گردید. ویژگی‌های بافت خاک، میزان شن، رس و سیلت، هدایت الکتریکی، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل، واکنش

داده‌های پایه Outside Exclosure

محدوده منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ مشخص و پس از بازدید میدانی و با استفاده از دستگاه GPS محدوده داخل و خارج قرق محل ترانسکت و نمونه‌برداری تعیین شد و به‌منظور بررسی تأثیر قرق بر مشخصه‌های شیمیایی، زیستی و آنزیمی در داخل و خارج قرق، ابتدا نقاطی که از نظر شرایط محیطی مشابه هم بودند و تنها تفاوت آنها در چرای دام بود در داخل و خارج قرق انتخاب شدند. مختصات نقاط محل دقیق هر نمونه با GPS ثبت شد. هجده نمونه خاک از شش سایت (سه سایت در داخل و سه سایت در

و تنفس میکروبی برانگیخته نیز با روش تیتراسیون و رابطه ۱ اندازه‌گیری شد. این شاخص فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم‌های خاک را پس از افزودن یک ماده مغذی (به عنوان مثال، گلوکز) نشان می‌دهد (Alef and Nannipieri, 1995). کربن زی‌توده میکروبی به روش تدخین اندازه‌گیری شد، این شاخص نشان‌دهنده اندازه جمعیت میکروبی فعال در خاک است. بهره‌متابولیک با تقسیم نسبت دی‌اکسیدکربن آزاد شده (میلی گرم بر کربن) از هر گرم خاک در تنفس پایه بر کربن زی‌توده میکروبی محاسبه شد و نشان‌دهنده کارایی میکروارگانیسم‌ها در استفاده از منابع کربنی برای تولید انرژی است (Station Cheng et al., 1993). بهره‌میکروبی خاک نیز از تقسیم مقدار کربن زی‌توده میکروبی خاک (میلی گرم کربن بر گرم خاک) بر مقدار کربن آلی (گرم کربن بر گرم خاک) تعیین شد، این شاخص بیانگر نسبت کربن موجود در زی‌توده میکروبی به کل کربن آلی موجود در خاک است (Martens, 1991 and Frankenberger, 1991).

مشخصه‌های آنزیمی خاک

آنزیم آلکالین فسفاتاز (قلیایی) با استفاده از روش (Tabatabai and Bremner, 1969) و با واکنش آن با سوبسترای ویژه خود در آزمایشگاه تعیین شد. این آنزیم در چرخه فسفر در خاک نقش مهمی دارد و به تجزیه ترکیبات آلی فسفر و آزادسازی فسفات قابل جذب برای گیاهان کمک می‌کند. آنزیم دهیدروژناز از طریق واکنش با سوبسترای خاص خود و رابطه ۲ محاسبه شد. دهیدروژناز گروه بزرگی از آنزیم‌ها هستند که در فرایندهای اکسیداسیون و احیا در سلول‌های میکروارگانیسم‌های خاک نقش دارند و نشان‌دهنده فعالیت بیولوژیکی کلی خاک می‌باشند (Thalmann, 1968). آنزیم اوره‌آز از طریق واکنش با سوبسترای ویژه خود در آزمایشگاه و رابطه ۳ تعیین شد. آنزیم اوره‌آز مسئول تجزیه اوره در خاک و تبدیل آن به آمونیوم است که یک منبع مهم نیتروژن برای گیاهان به‌شمار می‌رود (Kandeler and Gerber, 1988).

خاک، تنفس میکروبی پایه، تنفس میکروبی برانگیخته، کربن زی‌توده میکروبی، بهره‌متابولیک، بهره‌میکروبی خاک، آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز، دهیدروژناز و اوره‌آز اندازه‌گیری شد.

ارزیابی و اندازه‌گیری شاخص‌های شیمیایی، زیستی و آنزیمی خاک

شاخص‌های فیزیکی

بافت خاک به روش هیدرومتری و با استفاده از مثلث بافت خاک کلاس‌های بافت خاک اندازه‌گیری شد (Gee and Bauder, 1982).

شاخص‌های شیمیایی

پتاسیم به روش فلیم فتومتری اندازه‌گیری شد، در این روش، نمونه خاک عصاره‌گیری شده و بعد از این عصاره به داخل شعله دستگاه فلیم فتومتر اسپری می‌شود. اتم‌های پتاسیم در شعله انرژی جذب کرده و در طول موج مشخصی نور ساطع می‌کنند. شدت این نور ساطع شده با غلظت پتاسیم در عصاره رابطه مستقیم دارد و از این طریق مقدار پتاسیم قابل دسترس در خاک تعیین می‌شود (Jafari Zarinkafesh, 1992; Haghighi, 2003). فسفر قابل جذب به روش پی-اولسن با دستگاه اسپکتروفتومتری از عصاره نسبت خاک به آب ۱:۲ محاسبه شد (Olsen and Sommers, 1982). کربن آلی (کاهش وزن در اثر احتراق) به روش والکلی و بلک (Walkley and Black, 1934) و نیتروژن کل خاک به روش کج‌لدال (Bremner and Mulvaney, 1982)، تعیین شد و هدایت الکتریکی به ترتیب با pH متر (نسبت خاک به آب ۱:۲) و EC متر (نسبت خاک به آب ۱:۱) اندازه‌گیری شد (Sparks, 1996).

شاخص‌های زیستی خاک

تنفس میکروبی پایه با استفاده از روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد و نشان‌دهنده فعالیت متابولیکی کلی میکروارگانیسم‌های موجود در خاک در شرایط معمول است

$$\frac{(V^1 - V^2) \times nHCL \times 22}{md}$$

رابطه ۱:

nHCL: نرمالیت اسید کلریدریک؛ 22: عدد ثابت به عنوان فاکتور تبدیل؛ md: فاکتور تبدیل خاک خشک

V₁: حجم اسید مصرفی برای نمونه شاهد برحسب (میلی لیتر)؛
V₂: حجم اسید مصرفی برای نمونه خاک برحسب (میلی لیتر)؛

$$E = \frac{(S-C) \times 100}{5 \times dm\%} \mu gTPF \cdot g^{-1} dm \cdot 16h^{-1}$$

رابطه ۲:

میانگین مقدار TPF در شاهد برحسب (میکروگرم)؛ 5: وزن اولیه خاک برحسب (گرم)؛ و

E: فعالیت دهیدروژناز برحسب ($\mu gTPF \cdot g^{-1} dm \cdot 16h^{-1}$)؛
S: میانگین مقدار TPF در نمونه برحسب (میکروگرم)؛ C:

$$\frac{100}{dm\%} \text{ فاکتور محاسبه جرم خاک خشک}$$

رابطه ۳:

$$\frac{(S-C) \times 10 \times 55 \times 100}{5 \times dm\%} = \mu gN \cdot g^{-1} dm \cdot 2h$$

استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

نتایج

مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج بررسی بافت خاک نشان داد که منطقه مورد مطالعه دارای بافت لومی شنی است. اما تجزیه واریانس درصد شن، رس و سیلت نمونه‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P \leq 5\%$) در داخل و خارج قرق است، به طوری که میزان رس و سیلت در داخل قرق به ترتیب ۹/۸۸ و ۳۲/۷۷ درصد و میزان شن با میزان ۶۳/۸۸ درصد در خارج قرق بیشتر بود. در ارتباط با پارامترهای شیمیایی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در داخل و خارج قرق مشخصه‌های هدایت الکتریکی، کربن آلی و پتاسیم (عصاره اشباع) اختلاف معنی‌دار ($P \leq 1\%$) و نیتروژن، فسفر (عصاره اشباع) و اسیدیته اختلاف معنی‌دار ($P \leq 5\%$) داشتند، به نحوی که همه پارامترهای ذکر شده به ترتیب با میزان‌های ۰/۴۶ (ds/m)، ۵/۳۶ درصد، ۱۸۳/۲۲ (mg/L)، ۰/۵۳ درصد، ۱/۴۲ (mg/L) و اسیدیته ۵/۸۴ در خارج قرق بیشتر بودند (جدول ۱).

S: میانگین نیتروژن موجود در نمونه‌ها برحسب (میکروگرم در میلی لیتر)؛ C: میانگین نیتروژن موجود در شاهد برحسب (میکروگرم نیتروژن در میلی لیتر)؛ 55: حجم عصاره برحسب (میلی لیتر)؛ 5: وزن اولیه خاک برحسب (گرم)؛ $\frac{100}{dm\%}$: فاکتور تبدیل به جرم خاک خشک؛ 10: عامل رقت

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای مقایسه میانگین عوامل مورد بررسی (مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و آنزیمی) در دو منطقه داخل و خارج قرق، از آزمون تی دو نمونه‌ای مستقل (Independent Samples t-test) استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن باقیمانده داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) استفاده گردید. همچنین برای بررسی همبستگی میان مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی در دو منطقه مورد بررسی، از ضریب همبستگی پیرسون (Pearson correlation coefficient) استفاده شد. تمامی تحلیل‌های آماری با

جدول ۱- میانگین ($\pm$ اشتباه معیار) مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی در داخل و خارج از قرقTable 1- Mean ($\pm$ standard error) of physical and chemical characteristics inside and outside the enclosure

Features	Exclosure	Outside exclosure	Independent t-Test Statistic	P value
Sand (%)	58.44 $\pm$ 11.78	63.88 $\pm$ 10.88	3.16	0.03*
Clay (%)	9.88 $\pm$ 2.39	5.55 $\pm$ 1.28	1.31	0.02*
Silt (%)	32.77 $\pm$ 6.48	30.55 $\pm$ 5.55	2.17	0.01*
pH	5.61 $\pm$ 0.23	5.84 $\pm$ 0.12	-1.49	0.04*
EC (ds/m)	0.42 $\pm$ 0.09	0.46 $\pm$ 0/11	-0.60	0.00*
Organic carbon (%)	4.18 $\pm$ 1.25	5.36 $\pm$ 1.24	0.38	0.00**
Nitrogen (%)	0.41 $\pm$ 0.14	0.53 $\pm$ 0.26	-0.44	0.04*
Phosphorus (ppm)	1.36 $\pm$ 0.17	1.42 $\pm$ 0.39	0.78	0.02*
Potassium (ppm)	144.55 $\pm$ 20.69	183.22 $\pm$ 24.24	7.13	0.00**

* and ** respectively, significant differences with the probability of 1% and 5%

مشخصه‌های زیستی خاک

نتایج بررسی تجزیه واریانس پارامترهای تنفس میکروبی پایه، تنفس میکروبی برانگیخته و کربن زی‌توده میکروبی اختلاف معنی‌دار ($P \leq 1\%$) داشتند و بهره‌میکروبی نیز اختلاف معنی‌دار ($P \leq 5\%$) در داخل و خارج را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که بیشترین میزان تنفس میکروبی پایه، تنفس میکروبی برانگیخته و بهره‌میکروبی به ترتیب ۰/۳۳، ۱/۹۶

(mg Co₂.g⁻¹.day⁻¹) و ۱/۱۲ (mg Cmic.g⁻¹ C org) به داخل

قرق و حداکثر کربن زی‌توده میکروبی ۵۱۳/۸۱ (mg C mic. g⁻¹) به خارج قرق اختصاص داشت. اما در مورد بهره‌متابولیک اختلاف معنی‌داری میان دو منطقه مشاهده نشد. با این حال، بیشترین میزان آن به داخل قرق ۰/۰۳ (mg Co₂ C.g⁻¹mic.hr⁻¹) -C. تعلق داشت (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین ($\pm$ اشتباه معیار) مشخصه‌های زیستی خاک در داخل و خارج از قرقTable 2- Average ($\pm$ standard error) biological characteristics of inside and outside exclosure

Features	Site type	Statistic	P value	Minimum	Maximum	Mean $\pm$ standard deviation	Variance
Basal respiration (mg co ₂ .g-1.day-1)	Exclosure	3.03	0.00**	0.28	0.42	0.05 $\pm$ 0.33	0.002
	Outside exclosure			0.13	0/32	0.07 $\pm$ 0.24	0.005
Substrate Induced respiration (mg co ₂ .g-1.day-1)	Exclosure	5.03	0.00**	1.76	2.17	0.13 $\pm$ 1.96	0.018
	Outside exclosure			1.61	1.84	0.21 $\pm$ 1.51	0.049
Microbial biomass carbon (mg C mic. g-1)	Exclosure	0/89-	0.00**	222.86	668.57	152.58 $\pm$ 445.71	23280.61
	Outside exclosure			278.57	724.29	171.22 $\pm$ 513.81	29316.33
Metabolic contribution (mg CO ₂ -C.g-1Cmic.hr-1)	Exclosure	3.17	0/46ns	0.02	0.07	0.01 $\pm$ 0.03	0.000
	Outside exclosure			0.01	0.03	0.01 $\pm$ 0.02	2.708
Microbial contribution (mg Cmic.g-1 C org)	Exclosure	0.75	0.03*	0/94	1.35	0.10 $\pm$ 1.12	0.012
	Outside exclosure			0/90	1.28	0.12 $\pm$ 1.10	0.015

* , ** and ns, respectively, significant differences with the probability of 1%, 5%, and no significant difference

بهره‌میکروبی و بهره‌متابولیک داشت.

همبستگی شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در خارج قرق

نتایج نشان داد که در خارج قرق، همبستگی مثبت و معنی‌داری ($P \leq 1\%$) بین درصد رس و فسفر قابل جذب وجود دارد. همچنین، همبستگی منفی و معنی‌داری ($P \leq 1\%$) بین درصد سیلت و شن مشاهده شد. نیتروژن نیز همبستگی مثبت و معناداری با کربن آلی نشان داد. تنفس پایه خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری ($P \leq 1\%$) با تنفس برانگیخته و کربن زی‌توده میکروبی نشان داد. همچنین، تنفس برانگیخته نیز همبستگی مثبت و معناداری با کربن زی‌توده میکروبی داشت. بهره‌متابولیک همبستگی مثبت و معنی‌داری با بهره‌میکروبی نشان داد. در مقابل، کربن زی‌توده میکروبی همبستگی منفی با بهره‌متابولیک نشان داد (جدول ۴).

ضرایب همبستگی بین شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک داخل قرق

تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون نشان داد که در داخل قرق، بین درصد سیلت و شن همبستگی مثبت و معنی‌داری ($P \leq 1\%$) وجود دارد. در مقابل، همبستگی منفی بین درصد رس و بهره‌متابولیک مشاهده شد. همچنین، همبستگی مثبت و معنی‌داری ($P \leq 5\%$) بین فسفر قابل جذب و پارامترهای نیتروژن، کربن آلی و بهره‌میکروبی مشاهده شد. به‌طور مشابه، نیتروژن نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با کربن آلی، بهره‌متابولیک و بهره‌میکروبی نشان داد (جدول ۳). همچنین با توجه به اطلاعات جدول ۳، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تنفس پایه با تنفس برانگیخته وجود دارد، علاوه بر این، کربن آلی همبستگی مثبت و معنی‌داری ($P \leq 1\%$) با بهره‌متابولیک و بهره‌میکروبی نشان داد. در مقابل، pH همبستگی منفی با بهره‌میکروبی و کربن زی‌توده میکروبی نیز همبستگی منفی با

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک داخل قرق

Table 3- Correlation coefficients between physical, chemical and biological soil characteristics of inside enclosure

Variables	Silt	Sand	Clay	P	N	K	EC	SOC	pH	BR	SIR	MBC	qCO ₂	qmic
Silt	1													
Sand	-0.90**	1												
Clay	0.23	-0.49	1											
P	0.13	-0.07	0.42	1										
N	-0.24	0.45	0.16	0.68*	1									
K	-0.42	0.41	-0.24	0.41	0.19	1								
EC	0.52	-0.40	-0.09	-0.40	-0.28	-0.31	1							
SOC	-0.25	0.45	0.17	0.69*	1.00**	0.22	-0.29	1						
pH	0.19	-0.27	-0.03	-0.51	-0.52	-0.46	0.19	-0.54	1					
BR	0.28	-0.06	-0.39	-0.51	-0.24	-0.07	0.87**	-0.26	0.17	1				
SIR	0.03	0.17	-0.51	-0.56	-0.13	-0.14	0.80*	-0.14	0.23	0.86**	1			
MBC	0.10	-0.28	0.30	-0.66	-0.44	-0.51	0.56	-0.46	0.42	0.53	0.38	1		
qCO ₂	-0.21	0.55	-0.72*	0.39	0.76*	0.42	-0.16	0.77*	-0.34	-0.03	0.13	-0.84**	1	
qmic	-0.25	0.39	-0.02	0.76*	0.73*	0.59	-0.33	0.75*	-0.83**	-0.33	-0.21	-0.74*	0.56	1

** and * respectively, significant difference with the probability of 1% and 5%

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک خارج قرق

Table 4- Correlation coefficients between physical, chemical and biological soil characteristics of outside enclosure

Variables	Silt	Sand	Clay	P	N	K	EC	SOC	pH	BR	SIR	MBC	qCO ₂	qmic
Silt	1													
Sand	-0.84**	1												
Clay	-0.16	-0.40	1											
P	-0.18	-0.31	0.87**	1										
N	-0.33	0.11	0.36	0.43	1									
K	-0.00	0.25	-0.45	-0.52	-0.55	1								
EC	0.08	-0.26	0.35	0.56	0.28	-0.05	1							
SOC	-0.35	0.13	0.36	0.42	1.00**	-0.54	0.27	1						
pH	0.22	-0.23	0.05	-0.05	-0.10	-0.11	-0.53	-0.10	1					
BR	0.52	-0.56	0.14	0.02	0.13	-0.49	-0.10	0.12	0.44	1				
SIR	0.28	-0.29	0.05	-0.05	0.21	-0.41	-0.05	0.21	0.48	0.92**	1			
MBC	0.46	-0.62	0.34	0.22	0.37	-0.60	0.05	0.37	0.29	0.94**	0.82**	1		
qCO ₂	0.15	0.21	-0.51	0.50	0.44	0.42	-0.09	0.45	-0.21	0.04	0.12	-0.79*	1	
qmic	0.05	0.04	-0.16	-0.49	-0.03	-0.19	-0.57	-0.02	0.18	0.60	0.57	0.50	0.74*	1

** and * respectively, significant difference with the probability of 1% and 5%

مشخصه‌های آنزیمی خاک

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است بین آنزیم‌های دهیدروژناز، آلکالین فسفاتاز و اوره‌آز اختلاف معنی‌دار ($P \leq 1\%$) در داخل و خارج قرق وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر این است که حداکثر میزان

رس (Clay)، سیلت (Silt)، شن (Sand)، هدایت الکتریکی

(EC)، پتاسیم (K)، فسفر (P)، کربن آلی (SOC)، نیتروژن (N)،

تنفس میکروبی پایه (BR)، تنفس میکروبی برانگیخته (SIR)،

کربن زی‌توده میکروبی (MBC)، بهره‌متابولیکی (qCO_2) و

بهره‌میکروبی (qmic)

آنزیم‌های ذکر شده به ترتیب ۲/۸۵ ($\mu\text{g TPF. g}^{-1} \text{ dm. 16h}^{-1}$)، ۵۸۵/۷۱ ($\mu\text{g pNP. g}^{-1} \text{ dm. 1h}$) و ۲۳۸/۷۹ ($\mu\text{g N. g}^{-1} \text{ dm. 2h}$) متعلق به داخل قرق بود.

جدول ۵- میانگین ($\pm$ اشتباه معیار) مشخصه‌های آنزیمی خاک در داخل و خارج از قرق

Table 5- Mean ($\pm$ standard error) of soil enzyme characteristics inside and outside enclosure

Features	Site type	Mean $\pm$ standard deviation	Statistic	P value
Dehydrogenase ($\mu\text{g TPF. g}^{-1} \text{ dm. 16h}^{-1}$)	Exclosure	2.85 $\pm$ 0.33	4.81	**0.00
	Outside enclosure	1.05 $\pm$ 0.15		
Phosphatase ($\mu\text{g pNP. g}^{-1} \text{ dm. 1h}$)	Exclosure	585.71 $\pm$ 19.95	4.39	**0.00
	Outside enclosure	432.37 $\pm$ 28.61		
Urease ($\mu\text{g N. g}^{-1} \text{ dm. 2h}$)	Exclosure	238.79 $\pm$ 15.98	3.38	**0.00
	Outside enclosure	136.19 $\pm$ 22.06		

Significant difference with a probability of 1% percent**

بحث

در اکوسیستم‌های مرتعی، تعاملات پیچیده‌ای بین عوامل دامی، گیاهی و خاکی وجود دارد. چرای دام و اعمال قرق می‌توانند اثرهای قابل توجهی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، زیستی و آنزیمی خاک داشته باشند. چرای دام با کاهش ورود بقایای گیاهی، موجب کاهش ماده آلی خاک و اختلال در فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود. در مقابل، اعمال قرق می‌تواند منجر به بهبود خصوصیات خاک و افزایش پوشش گیاهی شود. شناخت دقیق و صحیح از این اثرها برای مدیریت پایدار مراتع ضروریست. نتایج این تحقیق بیانگر این است که مقدار رس در منطقه قرق نسبت به منطقه خارج قرق افزایش یافته است. در عین حال، مقدار شن در منطقه چرا شده به‌طور قابل توجهی بیشتر از منطقه قرق است. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که میزان سیلت در منطقه قرق نسبت به منطقه چرا، اختلاف چندانی ندارد که با نتایج تحقیق [Souri](#) و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت در اثر کاهش مقدار پوشش گیاهی، تردد و لگدکوبی دام در مراتع خارج از قرق، خاکدانه‌های سطحی از بین رفته و با شکست کلوخه‌ها و تخریب ساختمان خاک و در نتیجه جزء رس خاک که اندازه ریزتری از سایر اجزا دارد دچار فرسایش آبی شده و به‌وسیله آب جابه‌جا می‌شوند. همچنین، با توجه به این نکته که با کاهش پوشش گیاهی و از بین رفتن

لاشبرگ سطح خاک، از مقدار رطوبت خاک کاسته می‌شود، از این رو پایداری خاکدانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نهایت با جابه‌جایی رس از منطقه مقدار آن کم شده و شن که اندازه درشت‌تری دارد در سطح خاک باقی می‌ماند ([Khatibi and Farahi, 2024](#)). نتایج تحقیق [Mirsidhossini](#) و همکاران (۲۰۱۶) در مخمل‌کوه لرستان و [Junidi](#) و همکاران (۲۰۱۵) در مراتع بیجار استان کردستان نیز نشان‌دهنده همین موضوع است.

نتایج این مطالعه حکایت از اختلاف معنی‌دار و بیشتر بودن میزان pH در خارج قرق منطقه مورد مطالعه داشت که با نتایج [Khatibi و Farahi](#) (۲۰۲۴) در مراتع صوفیکم استان گلستان و [Heydarian Aghakhani](#) و همکاران (۲۰۱۰) در مراتع سیسپاب بجنورد همخوانی دارد. کاهش میزان اسیدیته خاک در اثر قرق، احتمالاً ناشی از بالا بودن پوشش گیاهی یا سیستم ریشه‌ای متراکم و زیاد بودن مواد آلی خاک است. ترشح اسیدهای آلی از ریشه و تولید دی‌اکسیدکربن از ریشه‌ها و میکروارگانیسم‌ها می‌تواند باعث کاهش pH خاک شود ([Hosseinzadeh et al., 2008](#) [Shirmard et al., 2016](#)). اما نتایج [Ternian و Mirzaei Mousand](#) (۲۰۱۹) در شمال‌شرق دلفان لرستان و [Akhzari](#) و همکاران (۲۰۱۶) در مراتع زاغه لرستان برخلاف نتایج ما بود، دلیل این موضوع ممکن است به دلیل نزدیک بودن سایت‌ها به یکدیگر باشد، زیرا با توجه

است. همچنین نتایج تحقیق [Heidarian Aghakhani](#) و همکاران (۲۰۱۰) در کجور منطقه نوشهر و تحقیق [Heidari Ghahfarrokhi](#) و همکاران (۲۰۲۴) نیز بیانگر همین موضوع است. وجود مدفوع و ادرار دام عامل مهمی برای افزایش نیتروژن کل در خاک منطقه مورد چرا است. همچنین کربن آلی خارج از قرق میزان بیشتری داشت که با نتایج تحقیق Samadi Khangah و همکاران (۲۰۲۱) و مطالعه [Heidari Ghahfarrokhi](#) و همکاران (۲۰۲۴) همخوانی داشت. از عوامل مؤثر بر مقدار کربن آلی خاک، فضولات دامی ناشی از چرا است. در این پژوهش میزان پارامترهای تنفس میکروبی پایه و تنفس میکروبی برانگیخته در داخل قرق بیشتر بود، در همین راستا، بررسی [Hossein Nejad Jadidi](#) و همکاران (۲۰۲۲a) و پژوهش [Hossein Nejad Jadidi](#) و همکاران (۲۰۲۲b) نیز در منطقه شغالدره استان اردبیل و گزارش Kouch و همکاران (۲۰۲۰) در مراتع شمال ایران نشان‌دهنده حداکثر میزان این دو مشخصه در منطقه قرق است. بررسی Jia و همکاران (۲۰۰۷) در مراتع لیموس چین و Wang و همکاران (۲۰۰۷) در شمال شرق چین نیز بیانگر این موضوع است. علت زیاد بودن این مشخصه را می‌توان حفظ و بهبود پوشش گیاهی، افزایش رطوبت و افزایش عناصر خاک در عرصه قرق نسبت داد. همچنین در عرصه خارج قرق به دلیل فشردگی خاک ناشی از پای‌کوبی دام‌ها این پارامتر کمتر است. در ارتباط با تنفس برانگیخته تفاوت در بین سایت‌ها احتمالاً ناشی از تخریب سایت خارج از قرق توسط فعالیت‌های انسانی، عبور دام و چرا می‌باشد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان کربن زی‌توده میکروبی در این منطقه در خارج قرق بود که با تحقیق [Raisi و Riahi](#) (۲۰۱۳) در بروجن استان چهارمحال و بختیاری مطابقت داشت. می‌توان این گونه استنباط کرد که در منطقه قرق با ضخیم شدن لایه گیاهی و کاهش دمای خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌ها باعث کاهش فعالیت آنزیمی خاک و زی‌توده میکروبی و افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن و بهره‌متابولیک می‌شود ([Aldezabal et al., 2015](#)). همچنین میزان بهره‌میکروبی در منطقه قرق بیشتر بود. بررسی [Noghre Kouch و Riahi](#) (۲۰۱۹) در کجور شهرستان نوشهر،

به اینکه اسیدیته به مواد مادری خاک بستگی دارد، از این رو میزان pH نیز اختلاف معنی‌داری نشان نداده است. نتایج تحقیق بیانگر بیشتر بودن میزان پتاسیم در خارج از قرق در منطقه بود. در این راستا، [Ghafari](#) و همکاران (۲۰۱۷) ضمن تحقیقی در مراتع روستای کلش اردبیل و [Heidari Ghahfarrokhi](#) و همکاران (۲۰۲۴) نیز در بررسی که در مراتع فارس استان چهارمحال و بختیاری انجام دادند، بیان کردند که با افزایش شدت چرا میزان پتاسیم بیشتر می‌شود و علت این موضوع را اضافه شدن این عنصر به دلیل فضولات دامی و لاشبرگ به خاک دانستند که با نتایج ما همخوانی داشت. در حالی که پژوهش‌های [Ghobadi و Akhzari](#) (۲۰۲۱) در حوضه گنبد همدان و [Mirsidhossini](#) و همکاران (۲۰۱۶) برخلاف این موضوع بود. به نظر می‌رسد که به دلایل متفاوتی مانند فرایند معدنی شدن مواد آلی (تبدیل بقایای ارگانیسم‌ها و فضولات به عناصر مغذی خاک)، آبشویی و حضور غیریکنواخت دام در مراتع تحت چرا باعث شده است که میزان پتاسیم در خارج از قرق افزایشی نداشته باشد. همچنین نتایج نشان داد که هدایت الکتریکی در خارج قرق بیشتر بود. پژوهش‌های [Ghafari](#) و همکاران (۲۰۱۷) و [Ahmadi](#) و همکاران (۲۰۱۸) در کهنه لاشک کجور مازندران، [Ternian و Mirzaei Mousand](#) (۲۰۱۹) و [Bakhshi](#) و همکاران (۲۰۲۰) در جنوب استان مرکزی و تحقیق [Heidari Ghahfarrokhi](#) و همکاران (۲۰۲۴) نیز بیانگر این موضوع است. به دلیل بهره‌برداری غلط از اراضی، استفاده بیش از حد از مراتع و چراگاه‌ها و از بین بردن پوشش گیاهی منطقه، خشکی منطقه افزایش می‌یابد که این موضوع سبب افزایش تبخیر شده و تمایل به شوری را بیشتر می‌کند. همچنین مقداری نمک در فضولات گاوی وجود دارد که به افزایش شوری خاک کمک می‌کند. برخلاف نتایج این بررسی، [Candel-Perez](#) و همکاران (۲۰۲۴) ضمن پژوهشی در شرق اسپانیا گزارش کردند که افزایش چرا تأثیر معنی‌داری بر هدایت الکتریکی ندارد. نتایج این تحقیق حکایت از افزایش پارامترهای فسفر و نیتروژن کل در خارج قرق منطقه مورد ارزیابی دارد که با مطالعه [Samadi Khangah](#) و همکاران (۲۰۲۱) در سبزه‌پوش مهاباد هم‌راستا

سیلت و شن در داخل قرق بود. نتایج تحقیق [Fattahi](#) و [Aghabeygi](#) (۲۰۱۷) که در همدان انجام شد نیز با این موضوع همخوانی دارد. آنان دلیل این موضوع را افزایش پوشش گیاهی و کاهش فرسایش خاک در منطقه قرق می‌دانند که تا حدی باعث می‌شود ذرات سیلت و شن در سطح خاک یکسان باقی بماند. همچنین این همبستگی می‌تواند ناشی از منشأ مشترک رسوبات و مواد تشکیل دهنده و یا فرایندهای هوازدگی و رسوب‌گذاری مشابه در منطقه باشد ([Allen](#), 1986). همبستگی منفی بین درصد رس و بهره‌متابولیک در منطقه قرق می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر منفی بافت ریزدانه رس بر فعالیت میکروبی خاک باشد که احتمالاً به دلیل تداخل کم، محدودیت تهویه و نفوذ آب در منطقه قرق است که باعث می‌شود فعالیت میکروبی و بهره‌متابولیک کاهش یابد ([Sylvia et al.](#), 2005). نتایج تحقیق [Muller](#) و [Hoper](#) (۲۰۰۴) نیز که در نیدرزاکس آلمان انجام شد، بیانگر این موضوع است. همچنین، در ارتباط با همبستگی مثبت بین فسفر و پارامترهای نیتروژن، کربن آلی و بهره میکروبی در محدوده قرق می‌توان گفت که این همبستگی در منطقه قرق نشانگر آن است که بقایای گیاهی منبعی از مواد آلی و عناصر غذایی مانند فسفر و نیتروژن را برای میکروارگانیسم‌های خاک فراهم می‌کنند، از این رو عناصر غذایی برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک ضروری‌اند و افزایش یک عنصر می‌تواند باعث افزایش فعالیت میکروبی و بهره میکروبی شود. تحقیق [Vitousek](#) و همکاران (۲۰۱۰) در یک اکوسیستم جنگلی (در مندوسینو، کالیفرنیا) همبستگی مثبتی بین غلظت فسفر و نیتروژن در لایه سطحی خاک را گزارش می‌کند، آنان این ارتباط را به نیازهای همزمان میکروارگانیسم‌ها و گیاهان برای این دو عنصر نسبت دادند. همسو با یافته‌های این مطالعه، [Cole](#) و [McGill](#) (۱۹۸۱) نیز ضمن پژوهشی که در مراتع نیوزیلند انجام دادند بیان کردند که افزایش فسفر منجر به افزایش تجزیه بقایای گیاهی و تجمع کربن آلی در خاک می‌شود. مطابق با نتایج این تحقیق در منطقه قرق همبستگی مثبت میان نیتروژن با کربن آلی، بهره‌متابولیک و بهره میکروبی وجود داشت که تأییدکننده نقش نیتروژن در فرایندهای

(۲۰۱۳) در مراتع چهارمحال و بختیاری و [Kamali](#) و همکاران (۲۰۲۲) در شمال غربی اسفراین خراسان شمالی نیز نشان داد که افزایش چرا باعث کاهش بهره میکروبی شد که با نتایج این تحقیق هم‌راستا است. میزان بیشتر بهره میکروبی در منطقه قرق نشان‌دهنده رشد میکروبی خوب در خاک است که به دلیل حاصلخیزی خاک و سوبسترای در دسترس و مقادیر کمتر C/N می‌باشد ([Xu et al.](#), 2017). در این تحقیق پارامتر بهره‌متابولیک در داخل و خارج قرق اختلاف معنی‌داری نداشت. با این حال، میزان آن در داخل قرق بیشتر بود که هم‌راستا با بررسی [Mofidi](#) و همکاران (۲۰۱۲) در مراتع سهند آذربایجان شرقی بود. بهره‌متابولیک بازتابی از توانایی جامعه میکروبی خاک برای تولید زی‌توده در واحد زمان در پاسخ به کربن موجود در خاک تحت شرایط مختلف محیطی است. همچنین به عنوان شاخصی برای شناسایی تغییرات خاک و توسعه اکوسیستم استفاده می‌شود. مقادیر نسبتاً بالاتر این شاخص در منطقه قرق احتمالاً ناشی از تنش‌های زنده و غیرزیستی است، در حالی که کاهش مقادیر در مراتع خارج قرق ممکن است نشان‌دهنده سطوح بیشتری از کربن زی‌توده میکروبی موجود در خاک باشد ([Wardle and Ghani](#), 1995). همچنین میزان بهره میکروبی در داخل و خارج قرق اختلاف معنی‌داری نداشت ولی به میزان جزئی در منطقه قرق افزایش داشت. بررسی [Kouch](#) و [Noghre](#) (۲۰۱۹) در کجور شهرستان نوشهر، [Raisi](#) و [Riahi](#) (۲۰۱۳) در مراتع چهارمحال و بختیاری و [Kamali](#) و همکاران (۲۰۲۲) در شمال غربی اسفراین خراسان شمالی نیز نشان داد که افزایش چرا باعث کاهش بهره میکروبی شد که با نتایج این تحقیق هم‌راستا است. میزان بیشتر بهره میکروبی در منطقه قرق نشان‌دهنده رشد میکروبی خوب در خاک است که به دلیل حاصلخیزی خاک و سوبسترای در دسترس و مقادیر کمتر C/N می‌باشد ([Xu et al.](#), 2017).

همبستگی مثبت و منفی مشاهده شده در مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک می‌تواند بیانگر تأثیر شرایط مختلف آب و هوایی، جامعه گیاهی و ظرفیت چرای دام باشد. نتایج تحقیق نشان‌دهنده همبستگی مثبت بین درصد

به عنوان نسبت کربن میکروبی به کربن آلی، نشان دهنده کارایی میکروارگانیسم‌ها در تبدیل کربن آلی به زی‌توده میکروبی است. بنابراین، افزایش کربن آلی منجر به افزایش بهره‌میکروبی می‌شود ([Esfandiari et al., 2022](#)). در ارتباط با همبستگی منفی میان pH و بهره‌میکروبی در داخل قرق می‌توان چنین گفت که افزایش pH خاک با کاهش بهره‌وری میکروبی همراه است. این همبستگی منفی می‌تواند ناشی از عوامل متعددی از جمله تأثیر pH بر فعالیت آنزیم‌های میکروبی و ... باشد. بسیاری از آنزیم‌های میکروبی در pH خنثی یا کمی اسیدی بهترین عملکرد را دارند و افزایش اسیدیته می‌تواند باعث کاهش فعالیت آنها شود. علاوه بر این، اسیدیته می‌تواند بر فراهمی برخی مواد مغذی برای میکروارگانیسم‌ها نیز تأثیرگذار باشد. با این حال، یادآوری می‌شود که تأثیر pH بر بهره‌وری میکروبی می‌تواند با توجه به نوع میکروارگانیسم‌ها و شرایط محیطی متفاوت باشد ([Parastesh et al., 2019](#)). نتایج تحقیق [Enayatizamir](#) و همکاران (۲۰۲۰)، در محدوده دانشگاه شهید چمران اهواز نیز با یافته‌های ما همسو است. همچنین کربن زی‌توده میکروبی نیز همبستگی منفی با بهره میکروبی و بهره‌متابولیک در داخل قرق نشان داد. این بدان معناست که افزایش کربن زی‌توده میکروبی لزوماً به معنای افزایش فعالیت و کارایی میکروبی نیست، بلکه در شرایط خاص می‌تواند منجر به کاهش فعالیت متابولیکی و کارایی تبدیل کربن آلی به زی‌توده میکروبی شود. افزایش زی‌توده میکروبی نشان‌دهنده افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها است، اما اگر با افزایش منابع غذایی و انرژی همراه نباشد، رقابت بین میکروارگانیسم‌ها افزایش بهره‌متابولیکی کاهش می‌یابد. [Shirzadeh](#) و همکاران (۲۰۱۳)، نیز در تحقیق خود در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان تبریز به نتایجی مشابه با یافته‌های ذکر شده دست یافتند.

در تحقیق پیش‌رو همبستگی مثبت میان محتوای رس و فسفر در خارج قرق وجود داشت. این همبستگی می‌تواند ناشی از ظرفیت بالای رس در جذب فسفر، تثبیت فسفر توسط مواد معدنی رس، حفظ رطوبت توسط رس، تأثیر فعالیت‌های

بیولوژیکی خاک است. با توجه به اینکه نیتروژن یک عنصر غذایی کلیدی برای میکروارگانیسم‌ها است، بنابراین سطوح بالاتر کربن آلی به عنوان منبع انرژی، می‌تواند از رشد جمعیت‌های میکروبی بزرگتر حمایت کند که به نیتروژن بیشتری نیاز دارند. این موضوع می‌تواند منجر به افزایش بهره‌متابولیک و بهره‌میکروبی شود. نتایج پژوهش‌های [Bazgir](#) و همکاران (۲۰۲۰) در استان ایلام با [Masoumi Tabar](#) و [Zanjani](#) و همکاران (۲۰۲۵) نیز هم‌راستا با نتایج این تحقیق است. نتایج این مطالعه نشان داد که هدایت الکتریکی با تنفس پایه و تنفس برانگیخته در داخل قرق همبستگی مثبت دارد که این همبستگی می‌تواند ناشی از تأثیر غلظت نمک‌ها بر فعالیت میکروبی و تنفس خاک باشد. این نمک‌ها می‌توانند به عنوان مواد مغذی برای میکروارگانیسم‌های خاک عمل کرده و فعالیت آنها را افزایش دهند. [Esfandiari](#) و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی که در اسالم استان گیلان انجام دادند به نتایج مشابه با تحقیق ذکر شده دست یافتند. محتوای تنفس پایه و برانگیخته نیز در داخل قرق با هم همبستگی مثبت داشتند که بیانگر ارتباط بین فعالیت‌های میکروبی پایه و برانگیخته خاک است و نشان می‌دهد که هر دو پارامتر تحت تأثیر عوامل مشابهی از جمله (مقدار ماده آلی، رطوبت خاک، دما و pH) قرار دارند. با این حال، تنفس برانگیخته بیشتر تحت تأثیر در دسترس بودن مواد مغذی و رطوبت خاک است، در حالی که تنفس پایه بیشتر تحت تأثیر مقدار ماده آلی است. یادآوری می‌شود که ارتباط نزدیک بین این دو مشخصه خاک وجود دارد که نشان می‌دهد هر دو شاخص می‌توانند به عنوان ابزاری برای ارزیابی سلامت و کیفیت خاک در مراتع مورد استفاده قرار گیرند ([Shirzadeh et al., 2013](#)). در پژوهش پیش‌رو، در منطقه قرق کربن آلی همبستگی مثبت با بهره‌متابولیک و بهره‌میکروبی داشت که هم‌راستا با نتایج مطالعه [Habashi](#) (۲۰۱۵) بود. این همبستگی تأییدکننده نقش کربن آلی به عنوان منبع انرژی برای میکروارگانیسم‌های خاک است. افزایش کربن آلی در خاک، منابع غذایی بیشتری را برای میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند. این موضوع منجر به افزایش جمعیت و فعالیت میکروبی می‌شود. بهره‌میکروبی نیز

[Bazgir](#) (۲۰۱۹) که به منظور بررسی تأثیر اقلیم و کاربری‌های مختلف (جنگل، مرتع و کشاورزی) بر زی‌توده و فعالیت‌های میکروبی خاک در ایلام انجام شد، نشان می‌دهد که کاربری‌هایی که به منابع کربن دسترسی بیشتری داشتند، فعالیت میکروبی بیشتر داشته و در نتیجه، کربن زی‌توده میکروبی، تنفس پایه و تنفس برانگیخته خاک نیز افزایش یافته است. همچنین نتایج پژوهش‌های [Zandi](#) و همکاران (۲۰۲۱) در چهاردانگه کیاسر و [Shirzadeh](#) و همکاران (۲۰۱۳) و [Garcia-Orenes](#) و همکاران (۲۰۱۰) در مراتع والنسیا اسپانیا با نتایج ما همخوانی داشت. در حالی که همبستگی منفی بین کربن زی‌توده میکروبی و بهره‌متابولیک نشان‌دهنده وضعیت پیچیده‌ای در فعالیت میکروبی خاک است. این همبستگی می‌تواند ناشی از استرس‌های محیطی، تغییر در جوامع میکروبی، یا تغییر در کیفیت منابع کربن باشد. به عبارتی، این شرایط بیشتر به معنای افزایش تنفس میکروبی برای حفظ بقا در شرایط نامساعد است ([Ji et al., 2020](#)). نتایج تحقیق [Shirzadeh](#) و همکاران (۲۰۱۳) نیز در همین راستاست.

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده بیشتر بودن میزان آنزیم‌های دهیدروژناز، آلکالین فسفاتاز و اوره‌آز در داخل قرق بود که بیانگر بهبود کیفیت خاک و افزایش فعالیت میکروبی است، این موضوع به دلیل افزایش ماده آلی، شرایط فیزیکی بهتر خاک و تعدیل محیطی در این مناطق است. در نتیجه، چرخه‌های مواد مغذی خاک فعال‌تر شده و حاصلخیزی آن افزایش می‌یابد. پژوهش [Matinizadeh](#) و همکاران (۲۰۱۲) در چهارطاق اردل استان چهارمحال بختیاری و بررسی [Jiao](#) و همکاران (۲۰۱۶) در شمال چین نیز بیانگر این موضوع است. پوشش گیاهی، لاشبرگ و ریشه گیاهان در منطقه قرق سبب افزایش مواد آلی، رطوبت و دمای متعادل می‌شود که این شرایط موجب امکان تکثیر و عملکرد بیشتر میکروارگانیسم‌ها و افزایش فعالیت آنزیمی می‌گردد ([Bastida et al., 2006](#)).

نتایج این پژوهش نشان داد که عوامل محیطی گوناگونی از جمله نوع خاک، پوشش گیاهی، فعالیت‌های انسانی و شرایط آب و هوایی، به‌طور قابل توجهی بر ویژگی‌های خاک

انسانی مانند کوددهی و نقش مواد آلی در تعامل با رس‌ها باشد. به عبارتی، رس‌ها به دلیل ساختار و خواص شیمیایی خود، فسفر را جذب و نگهداری می‌کنند و شرایط را برای در دسترس بودن فسفر برای گیاهان فراهم می‌نمایند. نتایج تحقیق [Dadgar](#) و همکاران (۲۰۱۱) در شهرستان دماوند نیز بیانگر این موضوع است. نتایج نشان داد که میان سیلت و شن همبستگی منفی وجود دارد که با نتایج تحقیق [Vaezi و Baliani](#) (۲۰۱۸) در اراضی غیر کشاورزی استان‌های زنجان و فارس و یافته‌های پژوهش [Jalilian](#) و همکاران (۲۰۱۷) که در نزدیکی ساری و کیاسر انجام شد همخوانی دارد. این همبستگی منفی می‌تواند بیانگر تفاوت در منشأ رسوب‌گذاری (شن در محیط‌های پرانرژی و سیلت در محیط کم‌انرژی رسوب می‌کند)، تأثیر فرسایش و انتقال ذرات و تغییرات ناشی از کاربری اراضی باشد. همبستگی مثبت بین نیتروژن و کربن آلی به این دلیل است که نیتروژن برای تشکیل پروتئین‌ها در مواد آلی ضروری است و میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه مواد آلی به هر دو عنصر نیاز دارند. افزایش کربن آلی فعالیت میکروبی را تحریک می‌کند که منجر به افزایش نیتروژن می‌شود ([Sedaghati et al., 2022](#)). نتایج پژوهش [Pirestani](#) و همکاران (۲۰۲۳) در اراضی کشاورزی، جنگلی و بایر زرین شهر اصفهان، تحقیق [Sheidai Karkaj](#) و همکاران (۲۰۱۷) در مراتع آذربایجان شرقی و مطالعه [Raiesi و Riahi Samani](#) (۲۰۱۴) در سبزکوه، بروجن و شیدا (استان چهارمحال و بختیاری) نیز با نتایج تحقیق ما همسو است. نتایج پژوهش پیش‌رو بیانگر همبستگی مثبت تنفس پایه خاک با تنفس برانگیخته و کربن زی‌توده میکروبی در خارج قرق بود، همچنین تنفس برانگیخته نیز همبستگی مثبت با کربن زی‌توده میکروبی در این منطقه داشت. دلیل این همبستگی‌ها در مناطق خارج قرق را می‌توان چرای دام دانست که با تأمین کربن آلی (کود حیوانی و بقایای گیاهی) می‌تواند فعالیت میکروبی خاک را افزایش دهد. این افزایش فعالیت، منجر به افزایش کربن زی‌توده میکروبی می‌شود که به‌طور طبیعی، باعث افزایش تنفس پایه و تنفس برانگیخته خاک می‌شود که تأییدکننده همبستگی مثبت بین این سه عامل است. مطالعه [Mazaheri و](#)

خاک شده است. این موضوع نشان می‌دهد که مدیریت قرق، به‌ویژه در بلندمدت، می‌تواند به‌طور مؤثری شدت تخریب خاک را کاهش دهد. در مورد منطقه شغال‌دره، نتایج نشان داد که قرق تأثیر مثبتی بر افزایش بیشتر پارامترهای زیستی خاک داشته است. این افزایش احتمالاً به دلیل حفظ و بهبود پوشش گیاهی منطقه است. با این حال، مطالعه نشان داد که خصوصیات زیستی خاک بیشتر از خصوصیات شیمیایی تحت تأثیر قرق قرار گرفته است. با توجه به نقش حیاتی مواد آلی در بهبود ویژگی‌های خاک، پایین بودن سطح مواد آلی در منطقه قرق نشان می‌دهد که احتمالاً چرای حیوانات وحشی مانع از تجمع کافی مواد آلی شده است. از این رو، به‌نظر می‌رسد که افزایش ماده آلی به خاک، به عنوان یک راهکار مدیریتی مؤثر، می‌تواند در ارتقاء کیفیت خاک‌های این منطقه نقش بسزایی داشته باشد. در نهایت، نتایج این پژوهش تأیید می‌کند که قرق یک اقدام مدیریتی مناسب و کارآمد است که می‌تواند به بهبود کیفیت خاک و حفظ تنوع زیستی کمک کند. بنابراین، توصیه می‌شود که قرق به عنوان یک راهکار مناسب و کم‌هزینه در برنامه‌ریزی‌های مدیریت مراتع مورد توجه قرار گیرد.

در هر دو منطقه مورد مطالعه تأثیر می‌گذارند. با وجود این، الگوهای همبستگی مشابهی بین برخی از خصوصیات خاک در هر دو منطقه مشاهده شد، مانند همبستگی مثبت بین میزان رس و فسفر و همبستگی منفی بین میزان سیلت و شن. این همبستگی‌ها نشان‌دهنده اثرهای مشترک عوامل محیطی بر ساختار و ترکیبات خاک هستند. با این حال، تفاوت‌های قابل توجهی در قدرت همبستگی‌ها بین مناطق قرق شده و مناطق خارج از قرق مشاهده شد. به‌طور خاص، در مناطق قرق شده، همبستگی‌ها قوی‌تر بودند که نشان‌دهنده تأثیر مثبت مدیریت قرق بر یکپارچگی و ثبات ویژگی‌های خاک است. به عنوان مثال، عدم چرای دام در داخل قرق، منجر به افزایش پوشش گیاهی و بهبود کیفیت

References

- Aghabeygi, S. and Fattahi, B., 2017. The effect of vegetation and soil properties on the hydrological behavior of watersheds (Case Study: Paired watershed of Gonbad). *Journal of Rangeland*, 11(1): 83-93, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080891.1396.11.1.5.2>.
- Ahmadi, T., Malekpour, B. and Kazemi Mazandarani, Q. S., 2018. Investigation of exclosure effect upon physical and chemical properties of soil at Kohneh Lashak Mazandaran. *Journal of Plant Ecophysiology*, 3: 89-100, (In Persian). <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085958.1390.3.8.8.6>.
- Akhzari, D., Suri, L. and Omidari, Sh., 2016. Studying the effect of grazing on soil physicochemical properties in a summer rangeland (case study: Zagheh Rangeland, Lorestan Province). *Journal of Rangeland Management*, 3(1): 19-32, (In Persian). <https://civilica.com/doc/952913/>.
- Aldezabal, A., Moragues, L., Odriozola, I. and Mijangos, I., 2015. Impact of grazing abandonment on plant and soil microbial communities in an Atlantic Mountain grassland. *Applied Soil Ecology*, 96: 251-260.
- <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.08.013>.
- Alef, A. and Nannipieri, P., 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, The UK, 567p.
- Allen, J.C., 1986. Soil properties and fast-growing tree species in Tanzania. *Forest Ecology and Management*, 16(1-4): 127-147. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(86\)90014-9](https://doi.org/10.1016/0378-1127(86)90014-9).
- Ataian, B., Karmi, F., Akhzari, D. and Kiani, G., 2023. Comparative study of vegetation parameters, soil elements, and organic carbon storage in mountain rangelands under exclosure and grazing management:

- a case study in Asadabad, Hamadan. *Journal of Rangeland*, 17(2): 247-262, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080891.1402.17.2.6.7>.
- Bakhshi, J., Javadi, S.A., Tavili, A. and Arzani, H., 2020. Study on the effects of different levels of grazing and exclosure on vegetation and soil properties in semi-arid rangelands of Iran. *Acta Ecologica Sinica*, 40(6): 425-431. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2019.07.003>.
 - Baliani, A. and Vaezi, A.R., 2018. Investigation of the relationships between rainfall erosion processes, slope and antecedent water content in semi-arid soils. *Water and Soil*, 32(5): 943-959, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20084757.1397.32.5.8.0>.
 - Bastida, F., Moreno, J.L., Hernandez, T. and Garcia, C., 2006. Microbiological degradation index of soils in a semiarid climate. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 3463-3473. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.06.001>.
 - Bazgir, M., Menati, T., Rostaminy, M. and Mahdavi, A., 2020. Soil microbial biomass and activity of Oak Forest in three different regions in Ilam province. *Journal of Soil Biology*, 8(2): 155-164, (In Persian). <https://doi.org/10.22092/sbj.2020.122742>.
 - Brejda, J.J., Moorman, T.B., Karlen, D.L. and Dao, T.H., 2000. Identification of regional soil quality factors and indicators I. Central and Southern High Plains. *Soil Science Society of America Journal*, 64(6): 2115-2124. <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6462115x>.
 - Bremner, J. M. and Mulvaney, C. S., 1982. Nitrogen total: 595-624. In: Page, A. L., (Ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. ASA Monograph, Madison, WI. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c31>.
 - Candel-Perez, D., Lucas-Borja, M.E., Plaza-Alvarez, P.A., Yanez, M.D.C., Soria, R., Ortega, R. and Zema, D.A., 2024. Effects of grazing on soil properties in Mediterranean forests (Central-Eastern Spain). *Journal of Environmental Management*, 354: 120316. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120316>.
 - Cardoso, E. J. B. N., Vasconcellos, R. L. F., Bini, D., Miyauchi, M. Y. H., Santos, C. A. D., Alves, P. R. L. and Nogueira, M. A., 2013. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health. *Scientia Agricola*, 70(4): 274-289. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400009>.
 - Carrera, L.M., Buyer, J.S., Vinyard, B., Abdul-Baki, A.A., Sikora, L.J. and Teasdale, J.R., 2007. Effects of cover crops, compost, and manure amendments on soil microbial community structure in tomato production systems. *Applied Soil Ecology*, 37(3): 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.08.003>.
 - Dadgar, M., Aliha, M. and Faramarzi, E., 2011. Relationship between available phosphorus and some soil physical and chemical characteristics in Absard Plain (Damavand Province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18(3): 498-504, (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2011.102185>.
 - Dalal, R.C., 1998. Soil microbial biomass, what do the numbers really mean. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38: 649-665. <https://doi.org/10.1071/EA97142>.
 - Enayatizamir, N., Noruzi Masir, M. and Ghadamkhani, A., 2020. The effect of plant growth promoting bacteria on some biological indicators and soil organic carbon forms under wheat cultivation. *Journal of Water and Soil Science*, 23(4): 171-181, (In Persian). <http://dx.doi.org/10.47176/jwss.23.4.37642>.
 - Esfandiari, H., Sefidi, K., Ghavidel, A., Esmaeilpour, M., Amanzadeh, B. and Sadeghi, S.M.M., 2022. Effect of forestry practices on the biological characteristics of soils (Case study: Beech Forest of Asalem). *Water and Soil Management and Modelling*, 3(4): 16-28, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27832546.1402.3.4.3.7>.
 - Fakhimi, A.L., Shirmardi, H.A. and Asadi, S.M., 2023. Vegetation Indices and Species Diversity Monitoring under Exclosure Management in Semi-steppe Rangelands: A case study of Ghalehgharak Rangelands, Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Journal of Rangeland*, 17(3): 382-397, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080891.1402.17.3.4.7>.
 - Fukuzawa, K., Shibata, H., Takagi, F., Satoh, K., Koike, T. and Sasa, K., 2013. Temporal variation in fine-root biomass, production and mortality in a cool temperate forest covered with dense understory vegetation in northern Japan. *Forest Ecology and Management*, 310: 700-710. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.015>.
 - Garcia-Orenes, F., Guerrero, C., Roldan, A., Mataix-Solera, J., Cerda, A., Campoy, M. and Caravaca, F., 2010. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Soil and Tillage Research*, 109(2): 110-115. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.05.005>.
 - Gee, G. W. and Bauder, J. W., 1982. Particle size analysis. In: Klute, A., (Ed.). *Methods of Soil*

- Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, Madison, WI. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c15>.
- Ghafari, S., Ghorbani, A., Arjamandi, K. L., Timourzadeh, A., Hashemi, M. and Jafari, K., 2017. Effect of grazing intensity on vegetation and soil properties (Case study: in rangelands of Kolash village, ParsAbad, Ardabil province). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 10(5): 175-196, (In Persian). <https://civilica.com/doc/491140/>.
 - Ghobadi, A. and Akhzari, D., 2021. Effects of Rangeland Exclosure on Chemical and Organic Properties of Soil (Case study: Gonbad Area). *Journal of Environmental Science and Technology*, 221-223, (In Persian). <https://civilica.com/doc/1287261/>.
 - Ghorbani, J., Sefidi, K., Keyvan Bahjo, F., Moamari, M., Soltani, N. and Tularud, A.A., 2014. Effects of different grazing intensities on some soil physical and chemical properties in southeastern rangelands of Sabalan mountain. *Journal of Rangeland*, 9(4): 353-366, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080891.1394.9.4.5.4>.
 - Heidari Ghahfarrokhi, Z., Ebrahimi Asgari, A., Pordanjani, H., Asadi, E. and Shirmardi, H.A., 2024. Effects of Livestock Grazing on Vegetation and Soil Properties in Rangelands, A Case Study of Farsan-Chaharmahal Va Bakhtiari Province. *Journal of Rangeland*, 17(4): 529-549, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080891.1402.17.4.3.8>.
 - Heshmati, M. and Ghaitouri, M., 2020. Effects of Long Term Grazing Exclusion on Some Soil Physicochemical Characteristics and Sustainability. *Journal of Soil Research*, 35(1): 15-26, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22287124.1400.35.1.3.3>.
 - Heydarian Aghakhani, M., Naqi Pourbarj, A.A. and Tavakoli, H., 2010. The Effects of grazing intensity on vegetation and soil in Sisab rangelands, Bojnord, Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(2): 243-255, (In Persian). <https://sid.ir/paper/107037/fa>.
 - Hosseinnajad Jadidi, M., Ghorbani, A., Moamri, M., Qavidel, A., Dadjo, F. and Rostami, N., 2022. The effect of exclosure on the stimulated microbial respiration of soil (Case study: Shghal Dere pasture, Nemin city, Ardabil province). *The Third National Conference on Laboratory Equipment and Technologies*, Ardabil, (In Persian). <https://civilica.com/doc/1560643>.
 - Hosseinzadeh, G., Jalilund, H. and Temartash, R., 2008. Vegetation Cover Changes and Some Chemical Soil Properties in Pastures with Different Grazing Intensities. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 14(4): 500-512, (In Persian). <https://civilica.com/doc/1634754/>.
 - Jafari Haghighi, M., 2003. *Methods of Soil Analysis, Sampling and Soil Analysis, Important Physicochemical Properties with Emphasis on the Theory and Application of the Principles of Nadaya Zahra Publications*. Nadaya Zahra Publications, Tehran, 187p (In Persian). <https://www.gisoom.com/book/1265571/>.
 - Jalilian, F., Behmanesh, B., Mohammad Esmaeili, M. and Gholami, P., 2017. Comparison of rangeland vegetation cover and soil properties variations affected by flood spreading, enclosure, and grazing uses. *Journal of Water and Soil Science*, 21(2): 29-43, (In Persian). <http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.jstnar.21.2.29>.
 - Jalilian, S., Nainiva, S. P. and Jalilian, S., 2021. Introducing suitable plant species for rill erosion control. *Water and Soil Management and Modelling*, 1(2): 60-74, (In Persian). <http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.jstnar.21.2.29>.
 - Jia, B., Zhou Wang, G., Wang, Y. and Weng, E., 2007. Effects of grazing on soil respiration of *Leymus chinensis* steppe. *Climatic Change*, 82(1): 211-223. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9136-0>.
 - Jiao, T., Nie, Z., Zhao, G. and Cao, W., 2016. Changes in soil physical, chemical, and biological characteristics of a temperate desert steppe under different grazing regimes in northern China. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(3): 338-347. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1122801>.
 - Junidi, H., Amani, S. and Karmi, P., 2015. Effects of grazing intensities on carbon sequestration and storage in the rangelands of Bijar protected area. *Journal of Rangeland*, 10(1): 53-67, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080891.1395.10.1.5.5>.
 - Kamali, N., Sadeghipour, A., Souri, M. and Mastinu, A., 2022. Variations in soil biological and biochemical indicators under different grazing intensities and seasonal changes. *Land*, 11(9): 1537. <https://doi.org/10.3390/land11091537>.
 - Kandeler, E. and Gerber, H., 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, 6(1): 68-72. <https://doi.org/10.1007/BF00257924>.
 - Khatibi, R. and Farahi, M., 2024. Study on the impact of exclosures on the physicochemical properties of rangeland soil (case study: northern Golestan province, Sufikam rangelands). *Environmental*

- Sciences, 22(3): 483-494, (In Persian). <https://doi.org/10.48308/envs.2024.1360>.
- Kianysadr, M., Imani, F., Melhosseini Daran, i K. and Arefian, A., 2020. Assessing effect of exclusion on the quality of Gonbad rangelands using with density and species richness indices. Journal of Environmental Science Studies, 5(1): 2268-2274, (In Persian). <https://www.magiran.com/p2110129>.
 - Kouch, Y. and Noghre, N., 2019. The effect of forest, rangeland and agriculture covers on soil microbial characters and enzyme activities. Journal of Water and Soil Conservation, 26(3): 127-143, (In Persian). <https://doi.org/10.22069/jwsc.2019.16191.3147>.
 - Kouch, Y., Moghimian, N., Wirth, S. and Noghre, N., 2020. Effects of grazing management on leaf litter decomposition and soil microbial activities in northern Iranian rangeland. Geoderma, 361, 114100. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114100>.
 - Li, M., Wang, L., Li, J., Peng, Z., Wang, L., Zhang, X. and Xu, S., 2022. Grazing exclusion had greater effects than nitrogen addition on soil and plant community in a desert steppe, Northwest of China. BMC Plant Biology, 22(1): 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03400-z>.
 - Martens, D. A. and Frankenberger Jr, W. T., 1991. Saccharide composition of extracellular polymers produced by soil microorganisms. Soil Biology and Biochemistry, 23(8): 731-736. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90142-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90142-7).
 - Masoumi Tabar Zanjani, A., Amanifar, S., Askari, M. S. and Hassani, A., 2025. The effect of land use change on some biological characteristics of soil in the rangelands of Sohrein region, Zanjan province. Iranian Journal of Soil and Water Research, 55(11): 2125-2143, (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.378382.669739>.
 - Matinizadeh, M., Khoshnavis, M., Timuri, M., and Shirvani, A., 2012. The effect of preservation on soil enzymes activities in Juniperus excelsa plantation of Chahartagh. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 1(4): 45-52, (In Persian). <https://www.magiran.com/p1147531>.
 - Mazaheri, M. and Bazgir, M., 2019. The effect of climate and land uses on soil microbial biomass and activities. Iranian Journal of Forest, 11(2): 179-194, (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/123077/fa>.
 - McGill, W. B., and Cole, C. V., 1981. Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter. Geoderma, 26(4): 267-286. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(81\)90024-0](https://doi.org/10.1016/0016-7061(81)90024-0).
 - Mirsidhossini, H., Hamtpour, M., Bagheri Novir, S., Chaichi, M.R. and Mohseni Sarvi, M., 2016. Study of livestock grazing effects on chemical soil properties and surface vegetation of rangeland (case study: Makhmalkouh, Lorestan province). Journal of Agroecology, 6(1): 117-98. (In Persian). <https://www.magiran.com/paper/citation?ids=1586441>.
 - Mirzaei Mousand, A. and Ternian, F. A., 2019. Comparison of vegetation and soil characteristics in two tracts of rangeland, grazed and non-grazed (Case study: Northeast of Delfan County -Lorestan). Journal of Rangeland, 14(2): 171-182, (In Persian). <https://www.magiran.com/p2153804>.
 - Mofidi, M., Rashtbari, M., Abbaspour, H., Ebadi, A., Sheidai, E. and Motamedi, J., 2012. Impact of grazing on chemical, physical and biological properties of soils in the mountain rangelands of Sahand, Iran. Journal of Rangeland, 34(3): 297-303. <https://doi.org/10.1071/RJ11087>.
 - Moghimian, N., Hosseini, S.M., Kouch, Y. and Darki, B.Z., 2017. Impacts of changes in land use/cover on soil microbial and enzyme activities. Catena, 157: 407-414. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.06.003>.
 - Muller, T. and Hoper, H., 2004. Soil organic matter turnover as a function of the soil clay content: consequences for model applications. Soil Biology and Biochemistry, 36(6): 877-888. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.12.015>.
 - Nair, A. and Ngouajio, M., 2012. Soil microbial biomass, functional microbial diversity, and nematode community structure as affected by cover crops and compost in an organic vegetable production system. Applied Soil Ecology, 58: 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.03.008>.
 - Olsen, S. R. and Sommers, L. E., 1982. Phosphorus, pp. 403-430. In: Page, A. L., et al. (Eds.). Methods of soil analysis, part 2: chemical and microbiological properties, vol. 9. ASA. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c24>.
 - Parastesh, M., Fard, M. G., Alikhani, H. A., Etesami, H. and El-Kereamy, A., 2019. Vermicompost enriched with phosphate-solubilizing bacteria provides plant with enough phosphorus in a sequential cropping under calcareous soil conditions. Biological and Fertility of Soils, 55: 405-419. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.234>.
 - Pirestani, N., Ahmadi Nadoushan, M., Abolhassani, M. H. and Zamani-Ahmadmahooodi, R., 2023. Investigating the relationship between the amount of total nitrogen and some soil characteristics in the Zarin Shahr region. Iranian Journal of Soil Research, 37(2): 167-182, (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijsr.2023.359235.674>.
 - Riahi Samani, M. and Raiesi, F., 2014. Soil organic

- carbon dynamics in native rangelands exposed to grazing and ungrazing management in rangeland ecosystems of central Zagros. *Water and Soil*, 28(4): 742-753, (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.41417>.
- Riahi, M. and Raisi, F., 2013. Effects of livestock grazing on soil carbon, nitrogen and microbial biomass in some reference pastures of Chaharmahal va Bakhtiari province. *Journal of Water and Soil Science*, 22(1): 49-60, (In Persian). <https://civilica.com/doc/1793423>.
 - Rong, Y., Monaco, T. A., Liu, Z., Zhao, M. and Han, G., 2022. Soil microbial community structure is unaltered by grazing intensity and plant species richness in a temperate grassland steppe in northern China. *European Journal of Soil Biology*, 110: 103404. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2022.103404>.
 - Saeediyani, H., and Moradi, H.R., 2022. Comparing of the Runoff and Sediment of Different land uses in Gachsaran and Aghajari formations under rain simulation. *Water and Soil Management and Modeling*, 2(2): 55-68. doi:10.22098/MMWS.2022.9802.1065 (In Persian). <https://doi.org/10.22098/mmws.2022.9802.1065>.
 - Samadi Khangah, S., Ghorbani, A., Choukali, M., Moammari, M., Badrzadeh, M. and Motamedi, J., 2021. Effect of grazing exclosure on vegetation characteristics and soil properties in the Mahabad Sabzepoush rangelands, Iran. *Ecopersia*, 9(2): 139-152. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222700.2021.9.2.7.5>.
 - Sedaghati, N., Hasanzadeh, M. and Madani, A., 2022. Impact of crop type (Wheat and Pistachio) and soil properties (Depth, texture and nitrogen content) on the amount of carbon sequestration. *Iranian Journal of Plant and Biotechnology*, 17(1): 65-74, (In Persian). <https://www.magiran.com/p2464528>.
 - Habashi, H. 2015. Microbial respiration and microbial biomass C relationship with soil organic matter in different types of mixed beech forest. *Forest Research and Development*, 1(2), 135-144. (In Persian).
 - Sheidai Karkaj, E., Sepehry, A., Barani, H. and Motamedi, J., 2017. Soil organic carbon reserve relationship with some soil properties in East Azerbaijan rangelands. *Journal of Rangeland*, 11(2): 125-138, (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080891.1396.11.2.1.0>.
 - Shifang, P., Hua, F. and Changgui, W., 2008. Changes in properties and vegetation following exclosure and grazing in degraded Alxa desert steppe of Inner Mongolia, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 124: 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.08.008>.
 - Shirzadeh, N., AliAsgharzad, N. and Najafi, N., 2013. Changes in microbial biomass carbon, ecophysiological indices, basal respiration and substrate-induced respiration of soil after incubation with different lead levels. *Water and Soil Science*, 23(2): 111-124, (In Persian). <https://civilica.com/doc/1587914/>.
 - Shirmardi, H. A., Mojiri, A., Saeedfar, M., Tatian, M. and Gholami, P., 2016. Evaluation of the ability of stability assessment method in detecting the degree of stability of the rangelands under different grazing intensities and separating their conditions from each other (Case study: The semi-steppe rangelands of Karsanak and Bardeh of Chaharmahal and Bakhtiari province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 23(1): 138-149, (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2016.106479>.
 - Souri, L., Akhgari, D. and Omidvari, Sh., 2017. Investigating the effect of gharegh on some physicochemical properties of rangeland soils (Case Study: Zagheh rangelands, Lorestan province). *Journal of Rangeland*, 3(1): 19-32. <https://doi.org/10.22069/jrm.2017.11754.1227>.
 - Sparks, D. L., 1996. Methods of soil analysis. part 3. chemical methods. Soil Science Society American, Inc. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin. <https://doi:10.2136/sssabookser5.3>.
 - Station, Cheng W., Coleman, D.C., Carroll, C. R. and Hoffman, C.A., 1993. In situ measurement of root respiration and soluble carbon concentrations in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(9): 1189-1196. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90214-V](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90214-V).
 - Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P. G. and Zuberer, D.A., 2005. Principles and applications of soil microbiology. Ferdowsi University of Mashhad, 696p.
 - Tabatabai, M. A. and Bremner, J. M., 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 1(4): 301-307. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(69\)90012-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(69)90012-1).
 - Thalmann, A., 1968. Zur methodik der bestimmung der dehydrogenaseaktivitat im boden mittels triphenytetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtsch Forsch*, 21: 249-258.
 - Varasteh, F., Ghorbani, A., Moammari, M. and Bidarlord, M., 2018. Variations comparison of canopy cover inside and outside the enclosure in Shoghaldareh rangelands of Namin, Ardabil province. In: The 13th National Conference on

- Watershed Management Science and Engineering of Iran and the 3rd National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment, Management and Protection of Natural Resources and Environment, Ardabil, (In Persian). <https://civilica.com/doc/827173/>.
- Viglizzo, E.F. and Vazquez-Amabile, G., 2019. Reassessing the role of grazing lands in carbon-balance estimations: Meta-analysis and review. *Science of the Total Environment*, 661: 531-542. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.130>.
 - Vitousek, P.M., Porder, S., Houlton, B.Z. and Chadwick, O.A., 2010. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen-phosphorus interactions. *Ecological Applications*, 20(1): 5-15. <https://doi.org/10.1890/08-0127.1>.
 - Walkley, A. and Black, I. A., 1934. Chromic acid titration for determination of soil organic matter. *Soil Science*, 63: 251.
 - Wang, W., Guo, J. and Oikawa, T., 2007. Contribution of root to soil respiration and carbon balance in disturbed and undisturbed grassland communities, northeast China. *Journal of Biosciences*, 32: 375-384. <https://doi.org/10.1007/s12038-007-0036-x>.
 - Wardle, D. A. and Ghani, A. A., 1995. A critique of the microbial metabolic quotient (qCO₂) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(12): 1601-1610. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)00093-T](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)00093-T).
 - Xu, Z., Yu, G., Zhang, X., He, N., Wang, Q., Wang, S., Wang, R., Zhao, N., Jia, Y. and Wang, C., 2017. Soil enzyme activity and stoichiometry in forest ecosystems along the North-South Transect in eastern China (NSTEC). *Soil Biology and Biochemistry*, 104: 152-163. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.10.020>.
 - Yong-Zhong, S., Yu-Lin, L., Jian-Yuan, C. and Wen-Zhi, Z., 2005. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China. *Catena*, 59: 267-278. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2004.09.001>.
 - Zandi, L., Jafarian, Z., Kavian, A. and Kooch, Y., 2021. Investigation of changes in soil microbial characteristics due to changes in the type and land use age (Case study: Kiasar Mazandaran rangelands). *Journal of Water and Soil Conservation*, 28(2): 103-121, (In Persian). <https://doi.org/10.22069/jwsc.2021.18970.3444>.
 - Zarinkafesh, M., 1992. Applied pedology. Tehran University Publications, 247 p, (In Persian). China. *European Journal of Soil Biology*, 99: 103205.